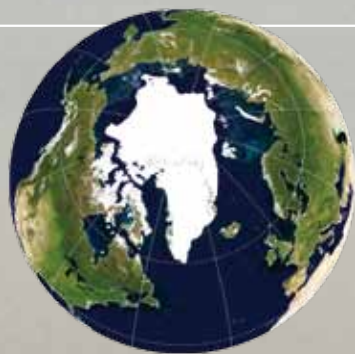




文部科学省

「グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス」(GRENE)事業

北極気候変動分野

急変する北極気候システム及びその全球的な影響の総合的解明
2011-2016

地球の未来が見える場所 北極へ

代表機関 情報・システム研究機構 国立極地研究所
参画機関 海洋研究開発機構

急変する北極の今を捉え、地球の未来を知るため、GRENE

なぜ北極なのか、なぜ今なのか

進行する地球温暖化。その影響が最も顕著に現れる地域の一つが、北極です。温暖化による平均気温の上昇は北極域が最も大きく、全球平均のほぼ2倍になっています。

地球温暖化の影響を受け、北極海の水氷面積が急激に減少しています。水氷は太陽光のほとんどを反射していますが、水氷が減少すると、海が太陽光を吸収するようになり、北極域はさらに暖まります。北極域の変化は、地球温暖化を加速し、 全球的な気候システムにも大きな影響をもたらすのです。北極と聞くと、地球の端の遠く離れた場所と感じるかもしれませんが、北極域の変化は、広域の気候システムを通して、日本で暮らす私たちにも大きく関わっています。

北極域では、水氷の減少だけでなく、大気や海洋、雪氷、陸域生態系にも、さまざまな変化が起きています。未来の北極はどうなってしまうのでしょうか。例えば、いくつかのモデル計算によると、2040年には夏の北極海に水氷がほとんどなくなってしまう可能性があると言われています。しかし

現実には、水氷の減少は予測より速く進行しています。将来予測が合わないのは、水氷が減少するメカニズムを十分理解できていないことが一因と考えられています。このメカニズムは、大気や海洋・陸域の変化とも複合していて、まだ全体像が見えていません。北極域がどう変化するかが分からなければ、全球的な気候システムにどのような影響がもたらされるかを予測することもできません。

今、北極で何が起きているかを捉え、その原因やメカニズムを明らかにすること。そして、将来予測の精度を向上させ、日本や全球にどのような影響があるかを把握すること。――それが、危急の命題です。

35機関、約300人の研究者が参加

そうした背景から、「グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス」(GRENE) 事業 北極気候変動分野「急変する北極気候システム及びその全球的な影響の総合的解明」(略称：GRENE北極気候変動研究事業) が、2011年度からスター

北極気候変動研究事業に日本中の北極環境研究者が結集。

トしました。国立極地研究所が代表機関、海洋研究開発機構が参画機関として、5年間のプロジェクトを実施します。

GRENE北極気候変動研究事業は、4つの戦略研究目標を掲げ、それらの戦略研究目標を達成するために、7つの研究課題が公募によって選ばれています。

GRENE北極気候変動研究事業の最大の特徴は、多方面での研究分野横断や連携です。これまで大学や研究機関のグループがそれぞれの専門分野について観測や研究を進め、大きな成果を挙げてきました。しかし、急変する北極の現状を捉え、複雑な北極の気候システムを解明し、全球的な影響を予測するためには、分野横断的かつ総合的な取り組みが不可欠です。GRENE北極気候変動研究事業には、 国内35機関からさまざまな分野の研究者、約300人が参加します。

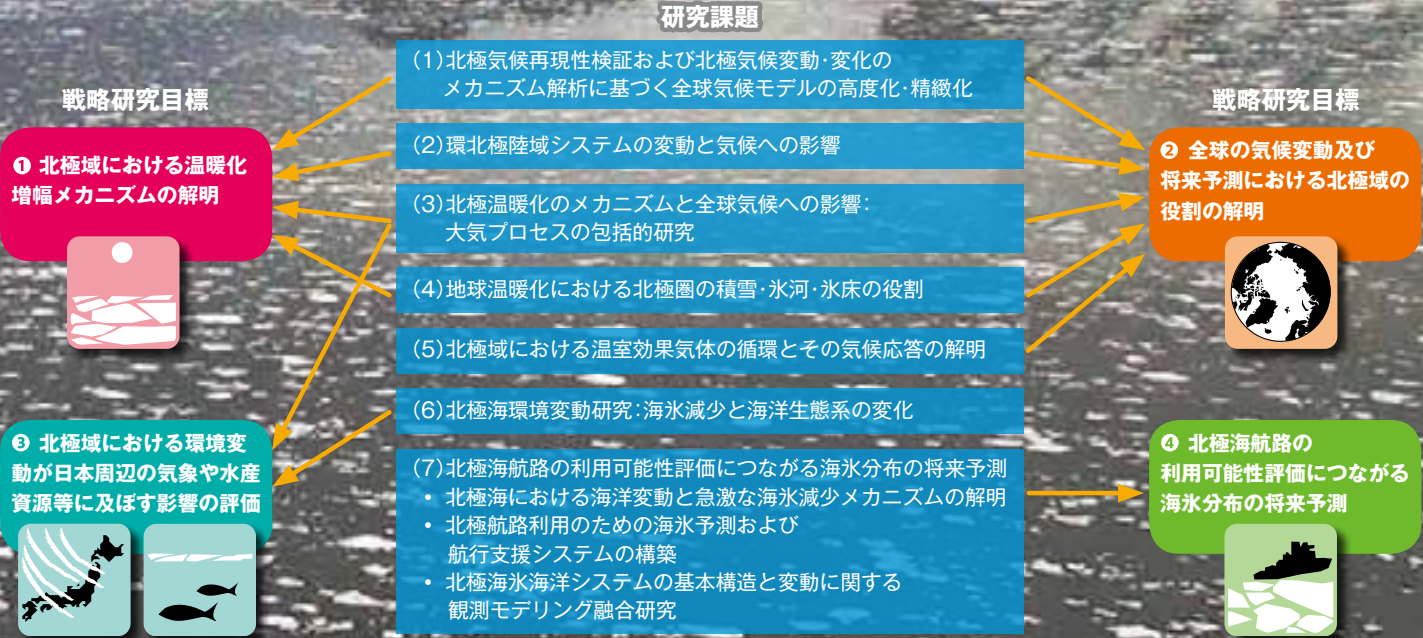
そして、 観測研究とモデル研究の連携を重視しています。北極の変化を捉えるには、まず多くの地点で継続的に観測を行う必要があります。しかし、 観測によって得られるのは、その地点の現在までの姿です。観測研究で得た知見をモデル

に反映させることにより、北極全体の姿、そして未来の姿を知ることができるのです。また、モデルが必要とするデータを観測研究者に要求し、協力して開発・改良を進めることで、予測精度の向上を目指します。観測データは、新たに構築する「北極域データアーカイブ」に保存し、 公開していきます。観測データを活用することで、成果はさらに上がると期待されます。

また、GRENE北極気候変動研究事業の実施には、 諸外国の研究機関との連携が不可欠です。国際的な協力関係があるからこそ、北極での観測研究が可能となります。

GRENE北極気候変動研究事業のスタートに合わせ、北極環境研究者のネットワーク組織「北極環境研究コンソーシアム」を設立しました。これにより、 オールジャパンで北極環境研究の強化に取り組む準備も整いました。

さあ、地球の未来が見える場所、北極へ。



戦略研究目標①

北極域における 温暖化増幅メカニズムの解明

戦略研究目標代表者

野沢 徹 国立環境研究所

温暖化との関係を定量的に理解する

1906～2005年の100年間で、地球の平均気温は約0.74℃上昇しました。北極域の気温上昇は、それをさらに上回っています。北極域は、地球上において気候変動による影響が最も顕著に現れる地域の一つとされています。しかし、なぜ北極域で温暖化が増幅されるのか、そのメカニズムは必ずしもよく分かっていません。

気温が上昇すると、積雪や氷河・氷床、海水が減少し、地表や海面が露出します。表面が白から黒っぽい色に変わること太陽光反射率（アルベド）が低下して陸や海が暖められ、さらなる気温上昇を招くのも事実です。しかし、アルベドの変化だけでは、北極で観測されている急激な気温上昇を説明できません。北極の気候変化は、アルベドだけでなく、大気中の水蒸気や雲・エアロゾル、植生や炭素循環、大気や海洋の熱輸送など、さまざまな変化が複雑

に絡み合って生じています。

GRENE北極気候変動研究事業では、それぞれの要素が近年の温暖化にどれだけ寄与しているのかを定量的に把握していくことで、温暖化増幅メカニズムを解明することを目指します。

モデルと観測の連携

戦略研究目標①「北極域における温暖化増幅メカニズムの解明」を達成するため、以下の4つの研究課題を実施します。

- (1) 北極気候再現性検証および北極気候変動・変化のメカニズム解析に基づく全球気候モデルの高度化・精緻化
- (2) 環北極陸域システムの変動と気候への影響
- (3) 北極温暖化のメカニズムと全球気候への影響：大気プロセスの包括的研究
- (4) 地球温暖化における北極圏の積雪・氷河・氷床の役割

研究課題(2)は陸域、(3)は大気、(4)

は雪氷の変化を観測によって捉え、それに伴う熱・水・物質循環の変動を総合的に把握します。また、北極域は広く、1点の観測で北極域全体について分かるものではありません。各研究課題に参加している研究者は、これまでシベリアやアラスカ、カナダなどで観測を行っています。それらの観測サイトに新たなサイトを加えることで、「環北極総合観測」を実現し、北極域全体の変化を把握します。

GRENE北極気候変動研究事業では、観測研究とモデル研究との“対話”を大切にしています。観測研究者が観測する情報と、モデル研究者が必要とする情報とは、必ずしも一致しません。モデルの再現精度を上げるためには、いつ、どこで、どのような観測を行うべきかなど、密接にやりとりをしていきます。各研究課題にもモデルの研究者が参加しているため、連携をスムーズに進めることができます。

期待される成果

そうした取り組みによって、近年の急激な北極域の温暖化に対する大気、海洋、雪氷、陸面の寄与やそれぞれの相互作用を定量的に評価できると期待されます。それは、北極の温暖化を高精度で再現・予測することにもつながります。

戦略研究目標②

全球の気候変動及び将来予測 における北極域の役割の解明

戦略研究目標代表者

杉本敦子 北海道大学

北極域の気候変化は全球に広がっていく

北極域の環境は今、急激に変化しています。その影響は北極域にとどまらず、大気・海洋の循環などを通して、波紋のように全球に広がっていきます。北極域における気候変化が全球の気候にどのような影響を及ぼすのかを明らかにし、将来の全球の気候変動を高精度に予測することが求められています。

戦略研究目標②「全球の気候変動及び将来予測における北極域の役割の解明」を達成するため、以下の5つの研究課題を実施します。

- (1) 北極気候再現性検証および北極気候変動・変化のメカニズム解析に基づく全球気候モデルの高度化・精緻化
- (2) 環北極陸域システムの変動と気候への影響
- (3) 北極温暖化のメカニズムと全球気候への影響：大気プロセスの包括的研究

(4) 地球温暖化における北極圏の積雪・氷河・氷床の役割

(5) 北極域における温室効果気体の循環とその気候応答の解明

温暖化の進行を北極域が左右する

研究課題(1)～(4)は戦略研究目標①と共通で、温室効果気体を扱う(5)が加わっています。二酸化炭素やメタンなどの温室効果気体の増加は、温暖化を促進させます。地球の平均気温はこの100年間で約0.74℃上昇しましたが、それは人為起源の温室効果気体の増加が原因である可能性が非常に高いと考えられています。

では将来、温暖化はどのように進行するのでしょうか。それを考えるとき、北極域の役割はとても重要です。北極域の急激な温暖化によって、海水や積雪の面積が減少し、地表面の状態や熱・水・物質循環の変化を通して、北極域の温暖化がさらに進むと考えられます。また、気温の上昇に伴

い地下の永久凍土の融解も進むでしょう。永久凍土の融解によって、現在氷の中に閉じ込められているメタンや有機物が動きだし、有機物の分解は温室効果気体の放出量を増加させると考えられています。また、地温や土壌水分の変化は、植物の生長速度や植生の種類を変化させ、地表面の状態や熱・水・物質の動きを変えてしまうことで、さらなる変化を引き起こす可能性があります。北極域に広がる湿地からは、強力な温室効果気体のメタンが大気中に放出されていますが、地温の上昇や地表面の植生の変化は、そのメタンの放出量を増加させ、全球の温暖化を加速させる可能性があるのです。

全球気候モデルに必要なこと

現在、全球の気候変動予測には「全球気候モデル」が使われています。しかし、そのモデルには、積雪や永久凍土、植生の変化が十分には組み込まれていないのです。それでは高精度な予測は望めません。そもそも、北極域の温暖化によって積雪や永久凍土、植生、そして温室効果気体がどのように変化するか、十分には分かっていないのです。まずは、観測によってそれらの変化を把握し、陸域変動モデルを開発します。

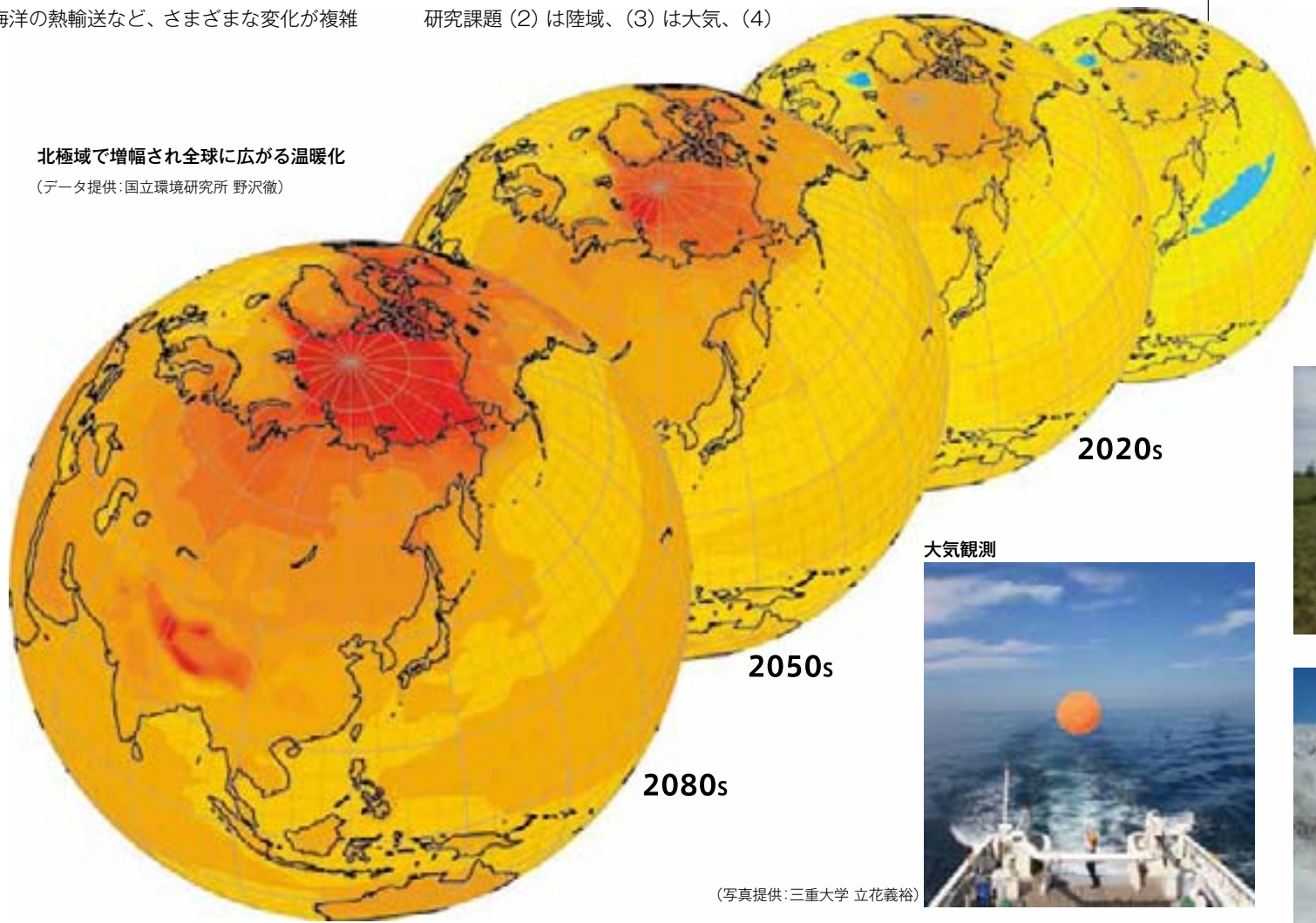
一方、北極域に位置するグリーンランドでは、氷床が急速に減少しているといわれています。氷床の融解は、海面上昇をもたらします。また、グリーンランド沖は冷やされて重くなった海水が沈み込み、海洋大循環の出発点になっています。氷床が融けた淡水が海に流れ込むことで沈み込みが起きにくくなり、海洋大循環が弱まってしまう可能性もあります。それは、全球規模の激しい気候変動を引き起こします。しかし、氷床や氷河の変化も、現在の全球気候モデルには十分に組み込まれていません。観測によってその変化を把握し、融解の進行とそれに伴う海水準の変動モデルの開発を進めます。

期待される成果

陸域変動モデルや海水準変動モデルの開発によって、北極域の気候変動に起因する積雪や凍土、植生、温室効果気体、氷床、氷河、海面水準などの変化を定量化できるようになることが期待されます。その要素を全球気候モデルに組み込むことで、全球の気候変動を高精度で予測することを可能にします。

北極域で増幅され全球に広がる温暖化

(データ提供: 国立環境研究所 野沢徹)

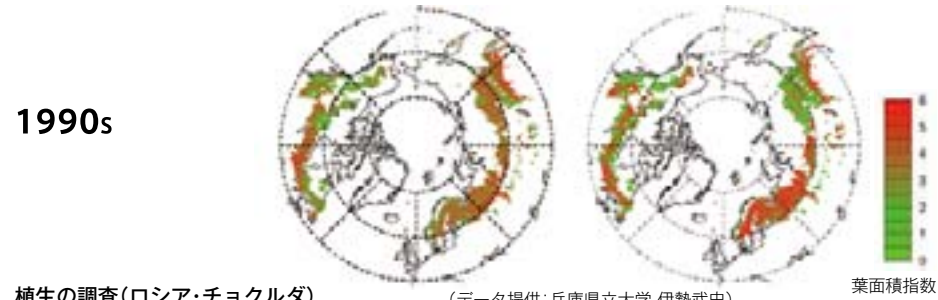


大気観測



(写真提供: 三重大学 立花義裕)

衛星による北方林観測結果 モデルによる北方林計算結果



植生の調査(ロシア・チョクルダ)



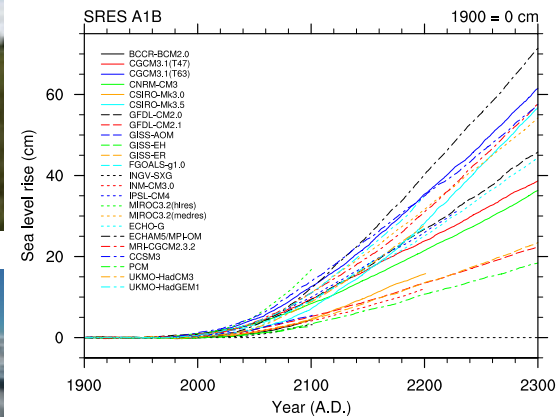
(写真提供: 北海道大学 杉本敦子)

氷床の調査



(写真提供: 国立極地研究所 本山秀明)

世界のさまざまなモデルによる 温暖化に伴う海水準上昇予測



(YOSHIMORI and ABE-OUCHI (2012). Sources of Spread in Multimodel Projections of the Greenland Ice Sheet Surface Mass Balance, J. Climate, 25, 1157-1175. DOI: 10.1175/2011JCLI4011.1)

北極域における環境変動が日本周辺の気象や水産資源等に及ぼす影響の評価



③a

北極域における環境変動が日本周辺の気象に及ぼす影響の評価

戦略研究目標代表者
浮田 甚郎 新潟大学

北極と日本はつながっている

猛暑か冷夏、暖冬か厳冬。日本の夏や冬の気象は、太平洋赤道域で発生するエルニーニョやラニーニャの影響を受けることが知られています。一方で、日本での豪雪や冷夏が、北極域を含む広い範囲における大気の状態に関係していることが分かってきました。日本から遠く離れた北極域の変化は、われわれにとって無関係な出来事ではないのです。急激に起きている北極域の変化が日本の気候・気象にどのような影響をもたらすのか。また、そのメカニズムを明らかにすることが、今求められています。

戦略研究目標③a「北極域における環境

変動が日本周辺の気象に及ぼす影響の評価」を達成するために、次の研究課題を実施します。

(3) 北極温暖化のメカニズムと全球気候への影響：大気プロセスの包括的研究

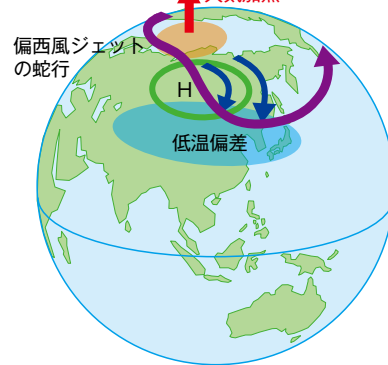
北極における大気の状態は、海洋・海水や地表の変化に伴って変動します。さらに、北極で大気の流れが変わることにより、偏西風の蛇行やアジアモンスーンの変調が引き起こされます。このように遠く離れた場所から大気の変動を介して影響が伝わっていくことを、「大気による遠隔応答」と呼んでいます。実際には放射、エアロゾル、雲、循環などさまざまなプロセスが複雑に絡み合っています。研

究課題(3)では、寒波や冷夏など、日本の異常気象に対しての北極の役割および遠隔応答のメカニズムを明らかにすることを目指します。

期待される成果

北極域から北半球中緯度における大気の変動過程、特に遠隔応答プロセスの理解が進むことで、北極の気候変動に伴って起きる日本の異常気象を、定量的に評価できると期待されます。それにより、日本周辺の気象予測の高精度化にもつながります。

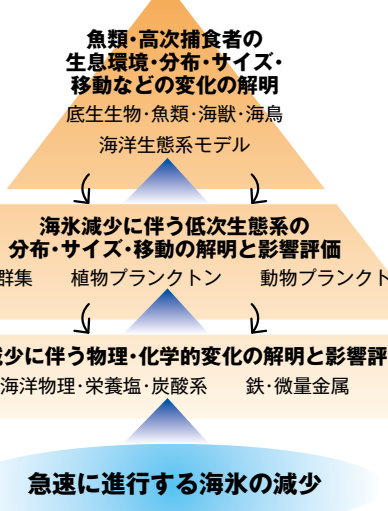
北極変動・変化が日本の気候・気象に与える影響



調査研究を進めます。特にテーマ間の相互関係の解明を重視し、国内の海洋物理・化学・生物の各分野の研究者が協力して学際的な研究を進めます。

期待される成果

海洋生態系の現状と変化、海水の減少との相互関係を明らかにします。さらに生態系モデルを開発することにより、水産資源の分布や個体数などの変動予測を可能にします。



海水減少によって北極海の海洋生態システムがどのように変化しているのかを調査することで、海水減少が気候変動や水産資源に与える影響を解明し、予測することを目的としています。海水減少の影響が水産資源を含めた高次捕食者に至るまでには複雑なプロセスが関与しており、その全容は明らかにされていません。そこで、海水の急激な減少に起因して起きる、「海洋物理的・化学的变化」「低次生態系の分布・サイズ・移動の変化」「水産資源に至る魚類・高次捕食者の生息環境・分布・サイズ・移動の変化」という3段階のテーマを設定し、

海水が減ることは、生物には好ましい？ 好ましくない？

海水の減少は、水温や塩分・海の流れなど海水の物理的性質を変え、海水中の栄養分などの化学的性質を変え、そこにすむプランクトンや魚・動物などの生物にも影響が及びます。タラやサケ、カニなどの水産資源も例外ではありません。海水減少がもたらす水産資源への影響は、私たちの食卓にも関わる問題として注目されて始めています。そこで私たちは、戦略研究目標③b「北極域における環境変動が水産資源等に及ぼす影響の評価」を達成するため、次の研究課題を実施します。

(6) 北極海環境変動研究：海水減少と海洋生態系の変化

③b

北極域における環境変動が水産資源等に及ぼす影響の評価

戦略研究目標代表者
菊地 隆 海洋研究開発機構

北極海航路の利用可能性評価につながる海水分布の将来予測



戦略研究目標代表者
島田 浩二 東京海洋大学

太平洋と大西洋を最短距離で結ぶ

北極海的环境変化は、科学的のみならず社会的にも注目されています。海水面積が急激に減少していることから、太平洋と大西洋を最短距離で結ぶ北極海航路を利用できるのではないかと期待が高まっています。北極海を船舶の航路として安全に利用するためには、海水分布の把握と予測などが求められています。

戦略研究目標④「北極海航路の利用可能性評価につながる海水分布の将来予測」を達成するため、次の研究課題を実施します。

(7) 北極海航路の利用可能性評価につながる海水分布の将来予測

この課題は、3つのサブ課題から成ります。

a 北極海における海洋変動と急激な海水減少メカニズムの解明

北極海の海水は急激に減少しています。しかし、そのメカニズムはまだ明らかになっていません。海水予測システムの構築には、その解明が不可欠です。サブ課題aでは、海水域での観測と、主に宇宙航空研究開発機構の人工衛星のデータを活用することで、急激な海水減少をもたらすメカニズムを解明します。海水域での観測には砕氷船が不可欠です。GRENE北極気候変動研究事業では、外国の北極研究観測機関との共同観測という形で外国砕氷船を利用します。また、海水の動きや海水下の水温・塩分や流速を計測できる氷海用係留系観測システムも設置します。

b 北極航路利用のための海水予測および航行支援システムの構築

船舶が北極海を航行できるのは、沿岸の海水が融ける夏の間だけです。運行計画を立てる春先には、今年の夏はいつからいつまで北極海を安全に航行できるかを知っておく必要があります。また海水は絶えず動いているので、日々の予報も重要です。そこで、日～月スケールの海水予報システムを構築します。

c 北極海水海洋システムの基本構造と変動に関する観測モデリング融合研究

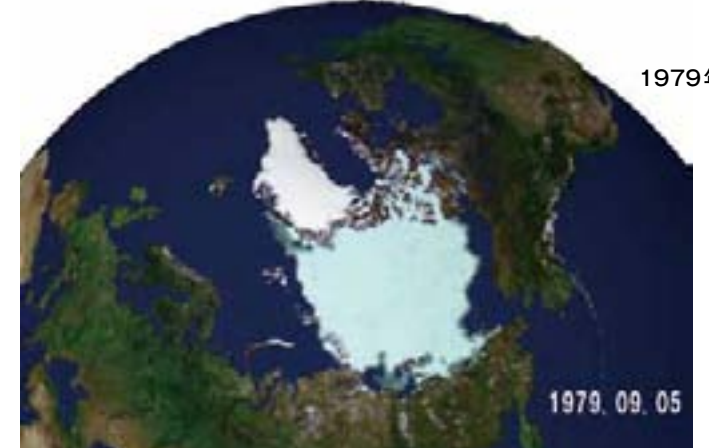
精度の高い海水予報の実現には、北極海

の海洋モデルが必要です。そのために、太平洋・大西洋・河川からの流入、海水の生成・融解・輸送、深層水の形成といった複雑な海洋構造を再現できるモデルを開発します。それにより、季節から数十年スケールの海水予測システムを構築します。

期待される成果

急激な海水減少のメカニズムを解明し、北極海の海洋構造モデルの構築によって、海水分布の将来予測ができると期待されます。それによって、北極海航路の利用可能性を判断できるようになります。

海水面積最小日の北極海水分布と想定される北極海航路
(AMSR-E データ／データ提供：宇宙航空研究開発機構)



北極気候再現性検証および北極気候変動・変化のメカニズム解析に基づく 全球気候モデルの高度化・精緻化

研究代表者 **野沢 徹** 国立環境研究所

本課題では、以下の3つのサブテーマを通して、全球気候モデルを高度化・精緻化し、北極気候の将来予測精度の信頼性向上を目指します。

1つ目のサブテーマは「気候モデルによる北極気候再現性の検証」。全球気候モデルによるシミュレーション結果を、GRENE北極気候変動研究事業で構築する「北極域データアーカイブ」のさまざまな観測データと比較解析し、

北極気候の平均状態や長期変動・変化がどのくらい現実的に再現されているかを検証します。また全球気候モデルの誤差要因を分析し、その解消に役立てます。

2つ目は「北極気候変動・変化の原因特定・メカニズム解明」。大気中の放射バランス、海水や植生・凍土、降積雪や氷床など、さまざまな視点からの多角的な解析に基づき、北極域における温暖化増幅メカニズムの解明を目指し



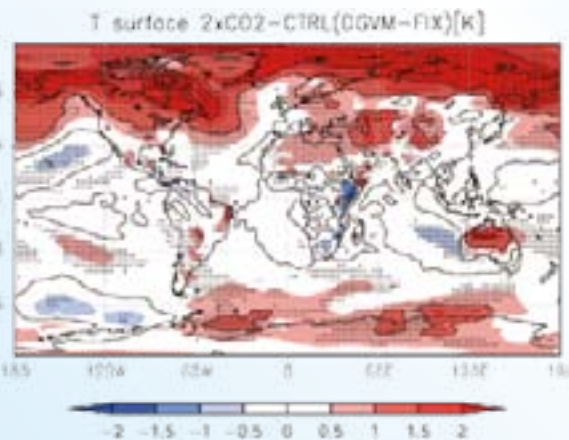
ます。解析には、気候フィードバック解析、気候変動要因切り分け実験を用いた多変量統計解析など、さまざまな手法を取り入れます。

3つ目は「北極において重要となる要素モデルの開発・改良」。北極域の気候において重要な海水や積雪、凍土、植生などの要素モデルを新規開発あるいは改良します。氷床や水同位体などまだ取り入れられていない要素を追加することにより、全球気候モデルを高度化・精緻化します。

観測研究者と協力して新たなデータセットを構築するなど、観測研究とモデル研究との協同も促進させます。それらを通して、戦略研究目標①「北極域における温暖化増幅メカニズムの解明」と②「全球の気候変動及び将来予測における北極域の役割の解明」の達成に貢献します。

▶気候フィードバックの解析例。植生の変化が、積雪や海水を通じて極域の気温変化を2割程度増幅させる。

(データ提供:東京大学 大石龍太)



環北極陸域システムの変動と気候への影響

研究代表者 **杉本敦子** 北海道大学

北極陸域システムは、積雪、永久凍土、土壌・植生、水などの要素から成ります。そして、永久凍土の融解、積雪域や植生の変化などに伴うアルベドの変化、温室効果気体の放出量の変化は、北極域だけでなく全球の気候へも大きな影響を及ぼすと考えられています。気候システムにおける北極陸域システムの役割・機能を解明し、北極域および全球規模の気候変動への影響を評価することを目指しています。

そのためには、急変する環境下における環北極陸域システムの現状把握が必要です。凍土や植生、生態系の生産と炭素貯蔵量、積雪分布とアルベド、メタン放出などについて現場観測を行います。環北極に広がるさまざまな凍土や植生の状態を把握するため、参加研究者がこれまで個別に観測を行っていた地点での長期継続観測体制の整備に加えて、移動型観測システムや多点観測が可能な簡易型観測



網などを組み合わせて、環北極域全体における多点広域観測を実施します。また、広域の状態を面的に把握できる人工衛星データを活用するとともに、樹木年輪・炭素同位体比などを利用して、過去100年程度の環境の変遷を明らかにする試みも同時に行います。これらの観測データに基づき、観測とモデルの融合的研究を促進し、凍土融解、植生変化、温室効果気体の動態を再現できる陸域変動モデルを開発します。

そうした研究を行うことにより、戦略研究目標①「北極域における温暖化増幅メカニズムの解明」と②「全球の気候変動及び将来予測における北極域の役割の解明」の達成に貢献します。

▶凍土ボーリングの様子



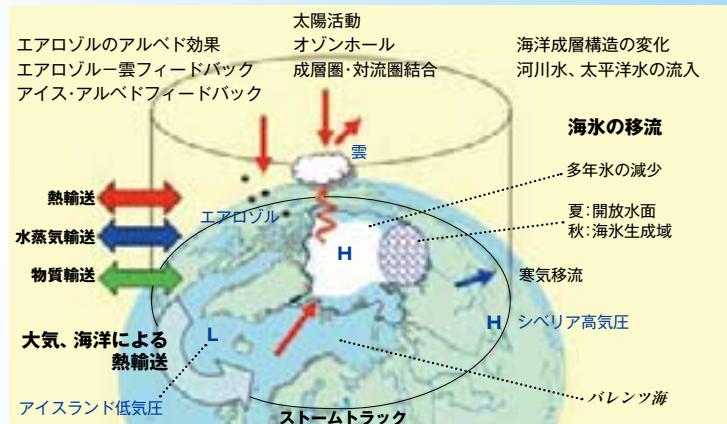
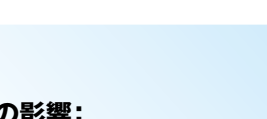
(写真提供:北海道大学 杉本敦子)

北極温暖化のメカニズムと全球気候への影響： 大気プロセスの包括的研究

研究代表者 **浮田甚郎** 新潟大学

大気は、海洋、雪氷、陸域生態系と共に北極気候システムを構成しています。近年の北極温暖化はこのシステム全体に関わる変化ですが、その中で大気は大きな役割を担っています。本研究では北極気候システムに関わる2つの課題について、大気の視点からの理解を目指します。

1つ目の課題は、北極域の急激な温暖化メカニズムです。20世紀前半そして近年と、この100年間で2度起きている北極の急激な温暖化は、共にバレンツ海からシベリア沿岸にかけて顕著でした。この海域は、中緯度から北極への熱・水蒸気の主要な流入経路に当た



り、また大気海洋間の熱交換が盛んな場所です。これらの点に注目して、急激な北極温暖化における、北極域と環北極域の間での熱・水蒸気・物質輸送の役割の解明を目指します。また、ブラックカーボンとも呼ばれる光吸収性エアロゾルの雪氷沈着によるアルベド低下の効果や、エアロゾルの雲への影響とフィードバックなど、これまで十分に評価されてこなかったエアロゾルと雲による北極域での気候変動メカニズムの定量的な評価を行います。

2つ目の課題は、北極変動・変化による全球気候への影響です。日本から見た北極のように離れた地域から大気の変動を通じて影響が



▶北極気候システムを形成する要素と北極温暖化にとって重要なプロセス

及ぶことを「大気による遠隔応答」と呼びます。これは放射、エアロゾル、雲、循環などさまざまなプロセスが複雑に絡み合って生じています。寒波や冷夏など、日本の異常気象に対しての北極の役割および遠隔応答のメカニズムを明らかにすることを目指します。

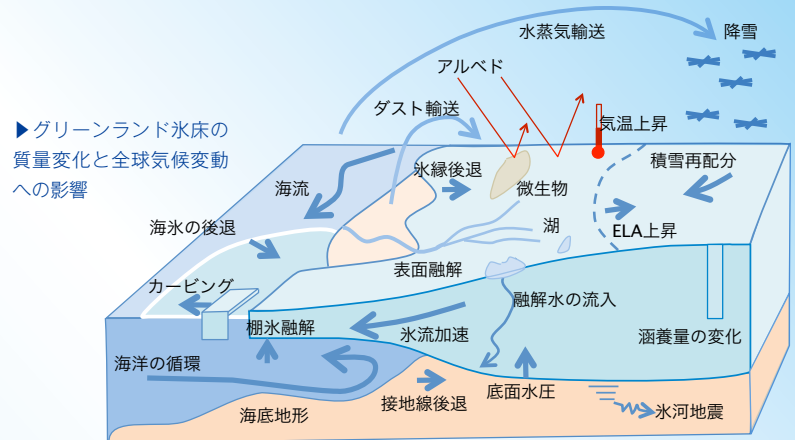
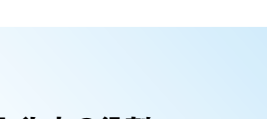
ほかの研究グループと連携して研究を進めることにより、戦略研究目標①「北極域における温暖化増幅メカニズムの解明」と②「全球の気候変動及び将来予測における北極域の役割の解明」および③a「北極域における環境変動が日本周辺の気象に及ぼす影響の評価」の達成に貢献します。

地球温暖化における北極圏の積雪・氷河・氷床の役割

研究代表者 **榎本浩之** 国立極地研究所

北極圏の積雪・氷河・氷床は、温暖化の影響を受けて急速な変貌を遂げています。その変動の実態とプロセスを捉え、気圏―水圏―陸圏から成る北極気候システムにおける陸域雪氷の役割を明らかにします。

2つの課題に焦点を当てて研究を行います。1つは「環北極域における陸域雪氷の変動と北極圏気候変動への影響」。世界の氷河・氷帽の約半分が北極域に存在し、それらは温暖化に敏感に反応します。現場観測と人工衛星データから、積雪の時空間分布や雪質、氷河の変動の実態を把握します。さらに、気温や降雪量の変動に対する積雪の応答、アイス・アルベド



フィードバックを評価し、陸域雪氷の変動プロセスを明らかにします。また、積雪試料の化学分析から、気温、降水量、物質輸送の空間分布を求めます。それらの情報は、気候変動の高精度な予測に貢献します。

2つ目の課題は「グリーンランド氷床の質量変化と全球気候変動への影響」。グリーンランドの氷床は、全球の氷体積の約10%、海水準にして7mに相当します。それが急速に減少し、減少速度は加速しています。減少の半分は融解、半分は流動によるとされていますが、その定量化が課題となっています。グリーン

ランドに観測網を展開し、氷床の質量変化の現状や原因を把握します。その理解に基づいたモデルによる将来予測を行い、氷床の縮小が気候変動に与える影響を解明します。また、氷床の縮小は海水準を上昇させ、海洋大循環にも影響を与えることから、海水準の変動モデルによる影響予測を行います。

これらの研究により、戦略研究目標①「北極域における温暖化増幅メカニズムの解明」と②「全球の気候変動及び将来予測における北極域の役割の解明」の達成に貢献します。

北極域における温室効果気体の循環とその気候応答の解明

研究代表者 **青木周司** 東北大学

北半球高緯度域における大気中の二酸化炭素やメタン、一酸化二窒素などの温室効果気体濃度やそれらの同位体および関連する酸素濃度などの分布や変動を、地上基地、航空機を用いた総合的な観測から詳細に明らかにします。温室効果気体および関連物質の変動には北極海も重要な役割を果たしていると考えられていますが、その実態はほとんど知られていません。このため、海洋地球研究船「みらい」

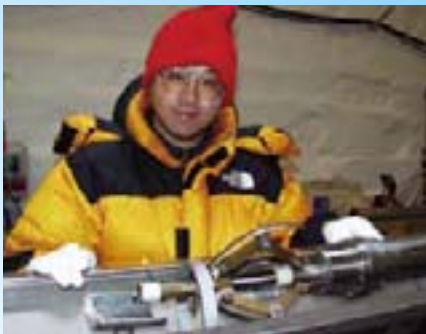
による海洋観測も実施します。

それらの観測データを、日本で開発されたほぼすべての高解像度大気化学輸送モデルで解析し、北極域における温室効果気体の放出源・吸収源の分布とその変動を定量化します。さらに、高解像度大気化学輸送モデルを、陸上生態系モデルや海洋物質循環モデルと結合し、観測された濃度・同位体の年々変動の再現実験を行うことによって、北極域における温室効



(写真提供: 国立極地研究所)

▶温室効果気体観測を実施しているスパールバル諸島ニールスン観測基地



果気体循環プロセスを明らかにし、気候変動によって温室効果気体循環がどのように応答するか検討します。

また、グリーンランドなどで採取された氷床コアやフィルン（通気層）空気を分析することにより、過去から現在までの温室効果気体の濃度と同位体の変動も明らかにします。得られたデータを解析することにより、温室効果気体の発生源・消滅源の時間変化や発生源の種類別強度の気候変化に対する応答の実態を明らかにし、北極域での温室効果気体の変動への各プロセスの寄与を解明します。

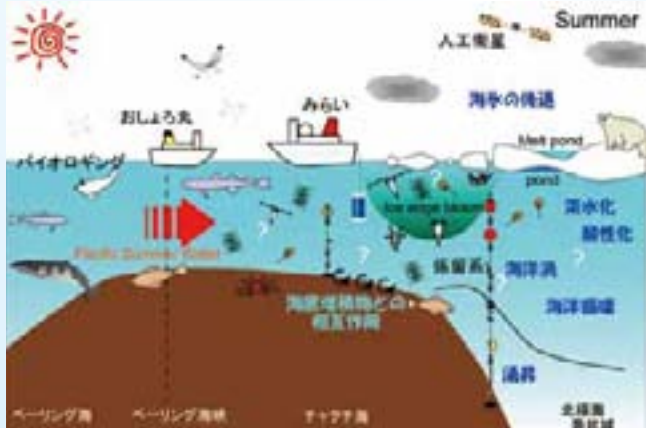
そうした研究を行うことにより、戦略研究目標②「全球の気候変動及び将来予測における北極域の役割の解明」の達成に貢献します。

北極海環境変動研究:海水減少と海洋生態系の変化

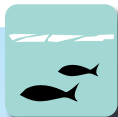
研究代表者 **菊地 隆** 海洋研究開発機構

近年急激に進む北極海の海水減少は、さまざまな環境変化を引き起こします。例えば、夏に海水がなくなった海域では直接太陽の熱を受けることで表面の海水温が上昇します。それは、海洋の生物にとって好ましいことで、プランクトンが多く繁殖し、魚などが増えるかもしれません。しかし、海水の融解が進むと溶け水（淡水）の割合が増えて表面の塩分が低くなり、表層と下の層の密度の差が大き

なって海水が混ざりにくなります。生物に必要な栄養分は下層に多くあるため、表層の栄養分が減少し、生物にとって好ましくない環境を生むこともあります。別の視点で見れば、北極海にすんでいた生物にとって海水の減少は好ましくないことですが、太平洋など南にすんでいた生物にとってはこれからの北極海は生活しやすい環境になるかもしれません。このように海水の減少が生態系に及ぼす



▶太平洋側北極海における生態系変動に関わる現象と研究実施計画(夏)



(写真提供: 海洋研究開発機構)

影響を理解するためには、生物のみならず、物理的・化学的な環境の変化を理解する必要があるのです。

そこで私たちは、海水減少に伴うさまざまな変化が現れ始めている北極海の太平洋側、チャクチ海に注目して調査を行います。海洋地球研究船「みらい」、北海道大学水産学部付属練習船「おしよ丸」、国際連携による砕氷船などで船舶観測を行うとともに、係留系を設置して通年データを取得します。また、高次捕食者の捕食行動を明らかにするためのバイオリギングや、人工衛星による通年の広域モニタリングによる調査も行います。さらに、海洋生態系モデルをつくって現在そして将来の状況を調べます。

それらにより、戦略研究目標③b「北極域における環境変動が水産資源等に及ぼす影響の評価」の達成に貢献します。

北極海航路の利用可能性評価につながる海水分布の将来予測

サブ課題

北極海における海洋変動と急激な海水減少メカニズムの解明

近年、北極海の海水減少は加速しています。これは、海水減少を促進させる正のフィードバック・メカニズムが北極気候システムの中に内在していることを示しています。そのメカニズムの解明を目指します。

そのために、海水減少が著しい太平洋側の

北極海域において、過去に行われたことのないシステムティックな海洋観測線を設定し、複数の砕氷船を利用して水温、塩分の測定や採水観測を行います。得られた実測データに加えて衛星データも活用し、大気―海水―海水システムにおける、運動量・熱・塩分の輸送



▶元に戻らない北極海の海水減少をもたらすフィードバック

(写真提供: 東京海洋大学 吉澤枝里)

サブ課題

北極航路利用のための海水予測および航行支援システムの構築

北極航路利用のために必要な予報システムや判断基準を作成するために、4つのテーマについて研究を進めます。

1 海水分布の予測: 北極海に入った船舶の航行支援のための数日から10日スケールの短期予測、航路の利用可否および利用可能期間を決定するための数か月スケールの中期予測の手法を確立します。短期予測には、オホーツク海において運用実績のある高解像度の海水―海洋結合数値モデルを用います。中期予測は、人工衛星データの解析とその結果

に基づく統計モデルによって行います。また、下記のサブ課題による数値計算結果から、より長期の海水変動傾向を判断します。

2 航路周辺の氷況モニタリング: 人工衛星リモートセンシングによって、海水の状態、特に厚さをモニタリングする手法を確立します。さらに、得られた氷況をもとに、適切な航路を選択できる氷海ナビゲーションの手法の開発を行います。

3 氷海航海時の船舶への影響の把握: 氷片が船体に接触した際の衝撃力や安全性を評価



(データ提供: 工学院大学 金野研究室)

◀氷片衝突時の衝撃力の評価。10万個オーダーの氷片を配置して船体との相互干渉と氷荷重を解析。

サブ課題

北極海水海洋システムの基本構造と変動に関する観測モデリング融合研究

北極海の海洋構造の形成・変動メカニズムを明らかにし、それを適切に表現できる数値モデルを構築することを通して、全球的な気候変動の中で北極海における海水海洋システム

の役割を解明します。

北極海の海洋構造はとても複雑で、それをよく再現する数値モデルを開発するには、観測との密接なリンクが必要です。人工衛星リモートセンシングや重要な海域における係留系によって、海水の厚さや漂流の様子、高密度水の形成・沈降の過程を捉えます。そして、北極海内の各領域から全域までの高解像度モデリングを段階的に行い、海洋構造の形成メカニズムを明らかにしながら、その再現性が高い海洋モデルを開発します。その成果は、北極海航路の利用で求められている海水分布の中～長期予測システムの構築に役立てられます。

そうした研究を通して、戦略研究目標④「北極海航路の利用可能性評価につながる海水分布の将来予測」の実現に貢献します。

研究代表者 **島田浩二** 東京海洋大学

の実態と変動を捉え、海水変動との関連を把握します。

また、氷上観測や係留系観測によって、海水変動に伴う海洋循環場、海洋貯熱量、貯淡水量の変動とそのメカニズムを明らかにします。

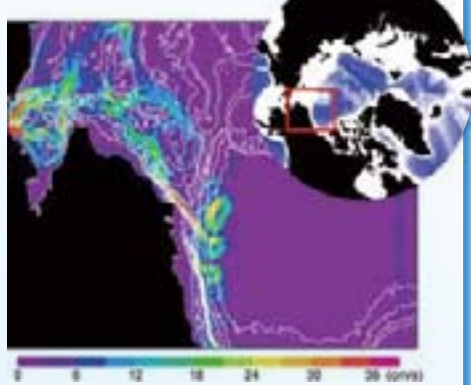
これらの研究を通して、急激な海水減少をもたらす正のフィードバック・メカニズムを解明し、戦略研究目標④「北極海航路の利用可能性評価につながる海水分布の将来予測」の実現に貢献します。

研究サブ課題代表者 **山口 一** 東京大学

します。また、事故につながる船体への着氷を予測・軽減する技術を開発します。

4 経済性評価: 技術と経済性を考慮した運航シナリオを提案します。

これらの成果を集約することで、北極海航路利用の可否を判断し、効率的に利用するための「航行支援システム」を作成します。それによって戦略研究目標④「北極海航路の利用可能性評価につながる海水分布の将来予測」の実現に貢献します。

研究サブ課題代表者 **羽角博康** 東京大学

▲高解像度領域モデルでシミュレートされた北極海ベーリング海峡付近(右上地図の赤枠で囲まれた領域)の表層流速(白線は等深度線)

(データ提供: 海洋研究開発機構 渡邉英嗣)

研究基盤

GRENE北極気候変動研究事業の実施に当たり、以下の研究基盤を利用・整備します。

海洋地球研究船「みらい」

海洋研究開発機構が保有・運用する「みらい」は、世界最大級の海洋地球研究船です。耐氷性能を有し、海氷が後退した夏の北極海において、海洋観測を行うことができます。2012年度に「みらい」による北極航海を実施する予定です。



(写真提供: 海洋研究開発機構)

砕氷船

2012～2015年度に、外国の北極研究観測機関との共同観測の形態で外国砕氷船を利用できるようにする予定です。また、砕氷船に搭載する氷海用係留系観測システムを3系程度整備するとともに、設置の際のサポートも併せて行う予定です。

雲レーダー

気候に大きな影響を与える雲の役割を正確に把握するには、雲中の水や氷の割合、雲粒の大きさや密度など雲の3次元内部構造や、雲中の風の流れや雲粒の動きなど雲中の鉛直運動構造を明らかにする必要があります。移設可能な「ドップラー計測機能付95GHzミリ波雲レーダー」を開発し、2013年度までにスバル諸島スピッツベルゲン島のニーオルスンに設置する予定です。

北極域データアーカイブ

観測データなどの相互活用を促進するため、北極域データアーカイブを整備します。2011年度中に立ち上げてデータ公開を開始し、その後順次、データセットの整備を進めていく予定です。

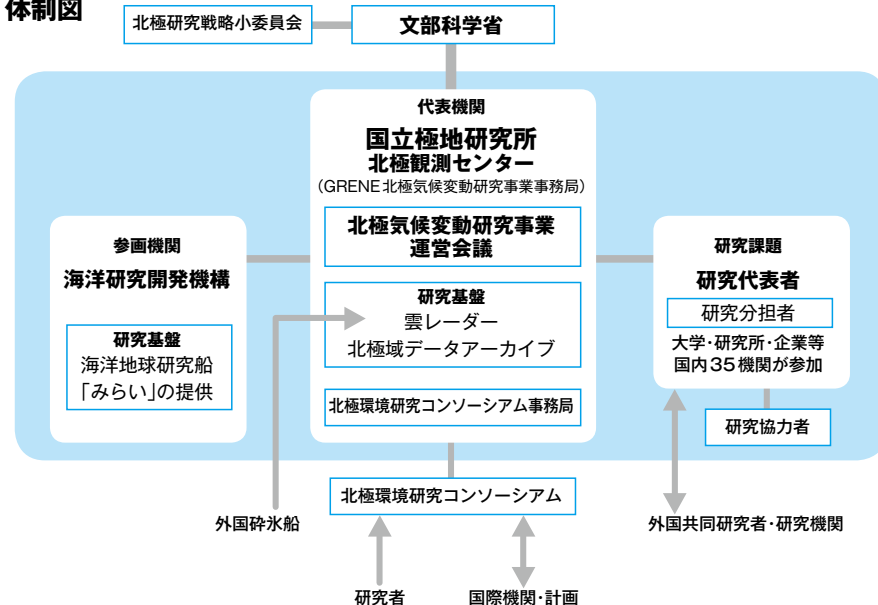
ニーオルスン観測基地

北極海のスバル諸島諸島ニーオルスンにある国立極地研究所の附属施設、ニーオルスン観測基地を観測拠点として活用します。



(写真提供: 国立極地研究所)

体制図



北極気候変動研究事業運営会議 委員

極地研究、気候変動研究の専門家から成る。GRENE北極気候変動研究事業の活動全般、各研究課題の進捗状況や成果を評価するとともに助言を行う。

五十嵐 保	(独)宇宙航空研究開発機構 宇宙利用ミッション本部 地球観測研究センター 研究領域リーダー
池田元美	北海道大学 名誉教授
泉山 耕	北日本港湾コンサルタント(株)企画部 総合研究室 上席研究員
井上 元	東京大学 大気海洋研究所 客員教授
神沢 博	名古屋大学大学院 環境学研究所 教授
神田啓史	国立極地研究所 特任教授
鬼頭昭雄	気象庁 気象研究所 気候研究部長
高橋修平	北見工業大学 社会環境工学科 教授
中村 尚	東京大学 先端科学技術研究センター 教授
深澤理郎	(独)海洋研究開発機構 地球環境変動領域 領域長
福地光男	国立極地研究所 生物圏研究グループ 教授
藤吉康志	北海道大学 低温科学研究所 教授
安成哲三	名古屋大学 地球水循環研究センター 教授
山内 恭	国立極地研究所 教授・副所長
和田智明	東京理科大学 特命教授

(2011年10月14日現在)

「グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス」(GRENE) 事業とは

2010年6月に閣議決定された新成長戦略では「グリーン・イノベーションによる環境・エネルギー大国戦略」を掲げています。また、総合科学技術会議が2010年12月に取りまとめた「科学技術に関する基本政策について」に対する答申でも、エネルギーと気候変動問題に対応する「グリーン・イノベーション」を大きな柱の一つとして位置づけています。

それらを受けて、文部科学省が2011年度から開始したのが「グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス」(GRENE) 事業です。大学や研究機関が戦略的に連携し、世界最高水準の研究と人材育成を総合的に推進することを目指します。北極気候変動分野のほか、環境情報分野、植物科学分野、先進環境材料分野の研究が進められています。

大学共同利用機関法人
情報・システム研究機構

国立極地研究所
北極観測センター
GRENE北極気候変動研究事業
企画チーム

〒190-8518 東京都立川市緑町10-3
TEL:042-512-0922
<http://www.nipr.ac.jp/grene/>
2012年3月1日発行

(写真提供: 国立極地研究所 榎本浩之
NSIDC/NASA)